

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-118554

(43)Date of publication of application : 23.04.2003

(51)Int.Cl.

B60T 8/58  
G01N 19/02

(21)Application number : 2001-314521

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 11.10.2001

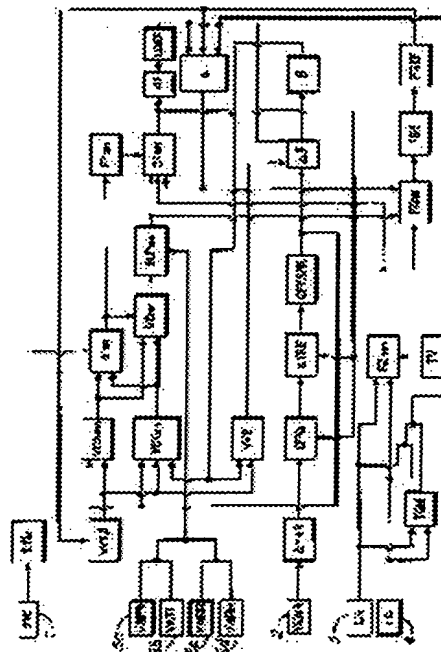
(72)Inventor : KIN KEIYU  
YANO OSAMU  
URABE HIROYUKI

## (54) CALCULATING DEVICE OF ROAD SURFACE FRICTION COEFFICIENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve accuracy in determining a road surface friction coefficient.

SOLUTION: This calculating device comprises a steering angle sensor 1, wheel speed sensors 5a, 5b, 5c, and 5d, a longitudinal acceleration sensor 4, a lateral acceleration sensor 3, a tire model setting part TM, a tire slip ratio calculating part SLPmn, a calculating part FGE of an estimated car body longitudinal acceleration, a tire slip angle calculating part  $\alpha_{mn}$ , a wheel load calculating part FZmn, a tire lateral force calculating part CFmn, an LGE, and a calculating part  $\mu$  of a road surface friction coefficient. The calculating part  $\mu$  of the road surface friction coefficient determines the road surface friction coefficient based on a deviation between a car body longitudinal acceleration and the estimated car body longitudinal acceleration and a deviation between a car body lateral acceleration and an estimated car body lateral acceleration. The road surface friction coefficient is not determined from the tire slip ratio, but sensor detecting values are compared with estimated values with respect to the car body longitudinal direction and the car body lateral direction, and the road surface friction coefficient can be accurately determined in respect to the deviation.





(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 操舵角を検出する操舵角センサと、車輪速を検出する車輪速センサと、車体前後加速度を検出する前後加速度センサと、車体横加速度を検出する横加速度センサと、ヨーレイトを検出するヨーレイトセンサと、タイヤの力学モデルを設定したタイヤモデル設定部と、

前記操舵角と前記車輪速とに基づいてタイヤスリップ率を求めるタイヤスリップ率算出部と、前記車体前後加速度と前記タイヤスリップ率とに基づいて推定車体前後加速度を求める推定車体前後加速度算出部と、

前記操舵角と前記車体前後加速度と前記車体横加速度と前記ヨーレイトとに基づいてタイヤスリップ角を求めるタイヤスリップ角算出部と、前記車体前後加速度と前記車体横加速度と前記タイヤの力学モデルとに基づいて輪荷重を求める輪荷重算出部と、前記タイヤスリップ角と前記タイヤスリップ率と前記輪荷重とに基づいてタイヤ横力を求めるタイヤ横力算出部と、前記タイヤ横力に基づいて車体の推定横加速度を求める推定横加速度算出部と、

前記車体前後加速度及び前記推定車体前後加速度の比較結果と前記車体横加速度及び前記推定車体横加速度の比較結果とに基づいて路面摩擦係数を求める路面摩擦係数算出部とを有することを特徴とする路面摩擦係数の算出装置。

【請求項2】 前記車体前後加速度と前記車体推定前後加速度とを比較した前後加速度比較値と、前記車体横加速度と前記推定車体横加速度とを比較した横加速度比較値とを求めて、

前記両比較値の少なくとも一方がしきい値を所定時間以上越えた場合には路面摩擦係数が急変したと判定することを特徴とする路面摩擦係数の算出装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、特に車両の挙動制御に用いるのに適する路面摩擦係数の算出及び急変判定方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、自動車などにおいて路面摩擦係数を求めるために、車体横加速度センサや車体前後加速度センサの各検出値をタイヤスリップ状態の条件で検出し、それら検出値から路面摩擦係数を求めるようにしたものがある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の路面摩擦係数の求め方にあつては、タイヤスリップ率がある程度以上大きくならないと、路面の変化に応じて路面摩擦係数が新たな値に変わることができないという問題があった。これは、例えば雪道や凍結路でタイヤグリップ力の大きな部分から小さな部分になってもそれ

2

ほど滑らない場合には、タイヤスリップ率が小さいため、あまりスリップしていないと判断して路面摩擦係数（推定値）を高い値としてしまうためである。

【0004】

【課題を解決するための手段】このような課題を解決して、路面摩擦係数を求める精度を高めることを実現するために、本発明に於いては、操舵角を検出する操舵角センサ（1）と、車輪速を検出する車輪速センサ（5 a・5 b・5 c・5 d）と、車体前後加速度を検出する前後加速度センサ（4）と、車体横加速度を検出する横加速度センサ（3）と、ヨーレイトを検出するヨーレイトセンサ（2）と、タイヤの力学モデルを設定したタイヤモデル設定部（TM）と、前記操舵角と前記車輪速とに基づいてタイヤスリップ率を求めるタイヤスリップ率算出部（SLPmn）と、前記車体前後加速度と前記タイヤスリップ率とに基づいて推定車体前後加速度を求める推定車体前後加速度算出部（FGE）と、前記操舵角と前記車体前後加速度と前記車体横加速度とに基づいてタイヤスリップ角を求めるタイヤスリップ角算出部（ $\alpha$ mn）

と、前記車体前後加速度と前記車体横加速度と前記タイヤの力学モデルとに基づいて輪荷重を求める輪荷重算出部（FZmn）と、前記タイヤスリップ角と前記タイヤスリップ率と前記輪荷重とに基づいてタイヤ横力を求めるタイヤ横力算出部（CFmn）と、前記タイヤ横力から車体の推定横加速度を求める推定横加速度算出部（LGE）と、前記車体前後加速度及び前記推定車体前後加速度の比較結果と前記車体横加速度及び前記推定車体横加速度の比較結果とに基づいて路面摩擦係数を求める路面摩擦係数算出部（ $\mu$ ）とを有するものとした。

【0005】これによれば、単にタイヤスリップ率から路面摩擦係数を求めるのではなく、車体前後方向と車体横方向とに対して、センサ検出値と推定値とを比較して、その比較結果に応じて路面摩擦係数を求めることができる。

【0006】特に、前記車体前後加速度と前記車体推定前後加速度とを比較した前後加速度比較値と、前記車体横加速度と前記推定車体横加速度とを比較した横加速度比較値とを求めて、前記両比較値の少なくとも一方がしきい値を所定時間以上越えた場合には路面摩擦係数が急変したと判定することによれば、路面摩擦係数の急変を判定した場合には、路面状態の急変化に対応した適切な車両挙動制御を行うことができる。

【0007】

【発明の実施の形態】以下に添付の図面に示された具体例に基づいて本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0008】図1は、本発明が適用された自動車のシステム構成図である。図に示されるように、前輪FR・FLの転舵を操作するためのステアリング装置に舵角センサ1が設けられていると共に、車体の適所にはヨーレ

50

(3)

3

トセンサ2・横加速度センサ3・前後加速度センサ4が設けられている。前後の各タイヤFR・FL・RR・RLには、タイヤ毎の車輪速を検出するための各車輪速センサ5a・5b・5c・5dがそれぞれ設けられている。それら各センサは制御装置6及びブレーキ液圧制御アクチュエータHUに接続されている。制御装置6には制動力を制御するためのHU（ハイドロリックユニット）が備えられると共に、エンジンのスロットル弁の開度を制御するDBW（電子制御スロットル）コントローラ及びエンジンに供給する噴射量や点火時期を制御するPGM-FIコントローラが接続されており、HUにより各輪の制動力が分配制御されるようになっている。なお、制御装置6にはモニタ7が接続されており、そのモニタ7により本装置の正常または異常状態を監視することができる。

【0009】図2は、上記制御装置6による本発明が適用された各制御値の推定ロジックを示すブロック図である。図示例にあつては、上記した各センサ1・2・3・4・5a～5dにより検出された各検出値を用いて、走行制御、特にスタビリティ（stability）とステアアビリティ（steerability）とを両立させる制御を前輪駆動車だけでなく後輪駆動車と4輪駆動車にも適用可能にするために、各制御値を求めるように構成されている。なお、上記制御の実行には、4輪のスリップを最適に制御する必要があり、4輪ブレーキアクチュエータを用いたスリップ制御を主とする。

【0010】その際に必要となるものとして、主となるものは、旋回時を示す図3に示されるように、タイヤスリップ角 $\alpha_{FR}$ （ $\alpha_{FL}$ ・ $\alpha_{RR}$ ・ $\alpha_{RL}$ ）、タイヤ横力（コーナリングフォース）CFFR（CFFL・CFRR・CFRL）、車体の横加速度LGE、タイヤ前後力としての制動・駆動力FXFR（FXFL・FXRR・FXRL）である。また、車体の前後加速度FGE、及び制動・駆動力（タイヤ前後力）やタイヤ横力を求める時に用いると良いタイヤ・路面間の路面摩擦係数を求める。

【0011】上記各センサにあつては、舵角センサ1により操舵角STCが検出され、各車輪速センサ5a～5dにより前輪右車輪速VWFR・前輪左車輪速VWFL・後輪右車輪速VWRR・後輪左車輪速VWRLがそれぞれ検出され、ヨーレイトセンサ2によりヨーレイトYAWRが検出され、横加速度センサ3により車体横加速度LGが検出され、前後加速度センサ4により車体前後加速度FGが検出される。

【0012】上記操舵角STCはタイヤ実舵角算出部STAnに入力し、そこで算出された前輪の左右各輪毎の各タイヤ実舵角STAR・STALがタイヤスリップ角算出部 $\alpha_{mn}$ に入力する。また、各車輪速VWFR・VWFL・VWRR・VWRLはタイヤのスリップ率算出部SLPmnに入力し、ヨーレイトYAWRは実ヨーレイト変化量算出部 $\Delta YRR$ に入力し、各加速度LG・FGが輪

4

荷重算出部FZmnに入力する。

【0013】上記輪荷重算出部FZmnでは、本図示例では、タイヤ力学モデルを設定したタイヤモデルTMと各加速度LG・FGとに基づいて各輪荷重FZFR・FZFL・FZRR・FZRLを算出する。輪荷重算出部FZmnから出力される各値は、タイヤ横力（コーナリングフォース）算出部CFmnとタイヤ前後力算出部FXmnとに入力する。なお、輪荷重を他の方法で求めも良い。

【0014】タイヤ前後力算出部FXmnでは、輪荷重算出部FZmnからの各輪荷重と、上記スリップ率算出部SLPmnからの各輪毎のタイヤスリップ率SLPFR・SLPFL・SLPRR・SLPRLと、後記する路面摩擦係数算出部 $\mu$ で算出された路面摩擦係数 $\mu$ とに基づいて、前後輪の各輪の制動・駆動力FXFR・FXFL・FXRR・FXRLが算出される。そのタイヤ前後力算出部FXmnから出力される各値が推定前後加速度算出部FGEに入力し、推定前後加速度算出部FGEでは制動・駆動力FXFR・FXFL・FXRR・FXRLに基づいて推定前後加速度FGEを求める。推定前後加速度FGEは、推定前後加速度フィルタFGEFによりフィルタ処理される。そのフィルタ処理された推定前後加速度フィルタ処理値FGEFが路面摩擦係数算出部 $\mu$ に入力する。

【0015】また、上記推定前後加速度フィルタFGEFの出力は、推定車体速度X方向算出部VVX $\beta$ にも入力する。この推定車体速度X方向算出部VVX $\beta$ では車体速度の車体前後方向（X方向）成分である推定車体速度X方向値VVX $\beta$ を算出し、その推定車体速度X方向値VVX $\beta$ が接地点速度X方向算出部VCXmnに入力する。

【0016】この接地点速度X方向算出部VCXmnでは、上記推定車体速度X方向値VVX $\beta$ の他に、後記する推定ヨーレイト算出部CFYAWRからの推定ヨーレイトCFYAWRが入力しており、それら各値に基づいて各輪の車体前後方向推定車輪速としての接地点速度X方向値VCXFR・VCXFL・VCXRR・VCXRLを求める。なお、接地点速度X方向値は、各輪の接地点における車体前後方向の車速に対応するものであつて良い。

【0017】また、上記推定車体速度X方向値VVX $\beta$ と推定ヨーレイトCFYAWRとが接地点速度Y方向算出部VCYmnに入力する。この接地点速度Y方向算出部VCYmnでは、上記推定車体速度X方向値VVX $\beta$ 及び推定ヨーレイトCFYAWRの他に、後記する車体スリップ角算出部 $\beta$ からの車体スリップ角 $\beta$ が入力し、それら各値に基づいて各輪の車体横方向推定車輪速としての接地点速度Y方向値VCYFR・VCYFL・VCYRR・VCYRLが算出される。この場合の接地点速度Y方向値は、各輪の接地点における車体横（幅）方向の車速に対応するものであつて良い。

【0018】接地点速度X方向算出部VCXmnから出力される各値はタイヤスリップ角算出部 $\alpha_{mn}$ と輪転方向速

(4)

5

度算出部V Cmnとに入力する。また、接地点速度Y方向算出部V C Ymnから出力される各値もタイヤスリップ角算出部 $\alpha_{mn}$ と輪転方向速度算出部V Cmnとに入力する。タイヤスリップ角算出部 $\alpha_{mn}$ では、本図示例では、タイヤ実舵角S T Anと接地点速度X方向値及び接地点速度Y方向値とに基づいて各輪毎のタイヤスリップ角 $\alpha_{FR} \cdot \alpha_{FL} \cdot \alpha_{RR} \cdot \alpha_{RL}$ を算出し、それら各値がコーナリングフォース算出部F Ymnと輪転方向速度算出部V Cmnとに入力する。なお、タイヤスリップ角を他の方法で求めても良い。

【0019】輪転方向速度算出部V Cmnでは、タイヤスリップ角算出部 $\alpha_{mn}$ からの各タイヤスリップ角と、上記した接地点速度X方向算出部V C Xmn及び接地点速度Y方向算出部V C Ymnからの各値とに基づいて各輪毎の輪転方向速度V CFR・V CFL・V CRR・V CRLを算出する。その輪転方向速度算出部V Cmnから出力される各値がスリップ率算出部S L Pmnに入力し、スリップ率算出部S L Pmnでは、本図示例では、各輪転方向速度と、上記した各車輪速V WFR・V WFL・V WRR・V WRLとに基づいて、各輪毎のタイヤスリップ率S L PFR・S L PFL・S L PRR・S L PRLを算出する。なお、タイヤスリップ率を他の方法で求めても良い。

【0020】また、タイヤスリップ角算出部 $\alpha_{mn}$ から出力される各タイヤスリップ角がコーナリングフォース算出部F Ymnに入力する。そのコーナリングフォース算出部F Ymnでは、各輪毎のコーナリングフォースF YFR・F YFL・F YRR・F YRLを上記各タイヤスリップ角に基づいて算出する。そのコーナリングフォース算出部F Ymnから出力される各コーナリングフォースが上記タイヤ横力算出部C Fmnに入力する。

【0021】タイヤ横力算出部C Fmnには、上記各コーナリングフォースの他に、スリップ率算出部S L Pmnからの各スリップ率と、輪荷重算出部F Zmnからの各輪荷重と、路面摩擦係数算出部 $\mu$ からの路面摩擦係数 $\mu$ とが入力する。それらに基づいて各輪毎のタイヤ横力C FFR・C FFL・C FRR・C FRLが求められ、タイヤ横力算出部C Fmnの出力が推定横加速度算出部L GEに入力する。

【0022】推定横加速度算出部L GEでは上記タイヤ横力算出部C Fmnからの各タイヤ横力に基づいて推定横加速度L GEが求められる。推定横加速度L GEは、推定横加速度フィルタL GE Fによりフィルタ処理される。その推定横加速度フィルタ処理値L GE Fが上記した路面摩擦係数算出部 $\mu$ に出力される。また、タイヤグリップ力算出部T GMでは車体横加速度L Gと車体前後加速度F Gとに基づいてトータルグリップ力T GMを求め、そのトータルグリップ力T GMと、各加速度センサ値L G・F Gとを路面摩擦係数算出部 $\mu$ に入力する。

【0023】なお、トータルグリップ力T GMは、車体横加速度L Gと車体前後加速度F Gとの二乗和のルート

6

( $= (F G^2 + L G^2)^{1/2}$ ) で算出される。

【0024】また、ヨーレイトセンサ値Y AWRに基づき実ヨーレイト変化量算出部 $\Delta Y R R$ で実ヨーレイト変化量 $\Delta Y R R$ が求められ、その実ヨーレイト変化量 $\Delta Y R R$ が前後輪モーメント補正係数算出部C F Kxに出力される。前後輪モーメント補正係数算出部C F Kxでは、実ヨーレイト変化量 $\Delta Y R R$ の他にタイヤ横力算出部C Fmnからの各タイヤ横力が入力しており、それらの値に基づいてヨーレイト補正係数としての前輪・後輪モーメント補正係数C F K 1・C F K 2が算出される。それら前輪・後輪モーメント補正係数C F K 1・C F K 2は推定ヨーレイト変化量算出部 $\Delta Y R E$ に出力される。

【0025】推定ヨーレイト変化量算出部 $\Delta Y R E$ では、上記前輪・後輪モーメント補正係数C F K 1・C F K 2の他にタイヤ横力算出部C Fmnからの各タイヤ横力が入力しており、それらの値に基づいて推定ヨーレイト変化量 $\Delta Y R E$ が算出される。その推定ヨーレイト変化量 $\Delta Y R E$ は推定ヨーレイト算出部C F Y AWRに出力される。

【0026】推定ヨーレイト算出部C F Y AWRでは、上記推定ヨーレイト変化量 $\Delta Y R E$ に基づいて推定ヨーレイトC F Y AWRが算出される。その推定ヨーレイトC F Y AWRは、上記した接地点速度X方向算出部V C Xmn及び接地点速度Y方向算出部V C Ymnへ出力され、また車体スリップ角変化量算出部 $\Delta \beta$ に出力される。

【0027】推定車体速度算出部V V  $\beta$ にて推定車体速度X方向値V V X  $\beta$ と車体スリップ角 $\beta$ とに基づいて推定車体速度V V  $\beta$ が求められる。その推定車体速度V V  $\beta$ と上記推定ヨーレイトC F Y AWRと推定横加速度フィルタ処理値L GE Fとが車体スリップ角変化量算出部 $\Delta \beta$ に入力する。それら各値に基づいて車体スリップ角変化量算出部 $\Delta \beta$ で車体スリップ角変化量 $\Delta \beta$ が算出され、その車体スリップ角変化量 $\Delta \beta$ に基づいて車体スリップ角算出部 $\beta$ で車体スリップ角 $\beta$ が求められる。なお、車体スリップ角を他の方法で求めても良い。

【0028】このようにして構成された制御装置における本発明の制御要領を図4のフロー図を参照して以下に示す。

【0029】まず第1ステップS T 1では、タイヤ実舵角算出部S T Anで舵角センサによる操舵角S T Cを読み込んで、例えばステアリングギアボックスのギア比などの設計値から前輪の各タイヤ実舵角S T A R・S T A Lを求める。次の第2ステップS T 2では、ヨーレイトセンサY AWRによるヨーレイトY AWRを読み込み、次の第3ステップS T 3では各加速度センサL G・F Gによる車体横加速度L G・車体前後加速度F Gを読み込み、第4ステップS T 4に進む。

【0030】第4ステップS T 4では、推定車体速度X方向算出部V V X  $\beta$ にて推定車体速度X方向値V V X  $\beta$ を算出する。この推定車体速度X方向値V V X  $\beta$ の算出

(5)

7  
 にあつては、図5に示すサブフローチャートに示されるようにして行うものであつて良い。

【0031】図5において、ステップST4aでは車体スリップ角（横滑り角） $\beta$ の絶対値がしきい値 $\beta_c$ 以上 \*

$$VVBG = (FGEF \cos \beta + LGEF \sin \beta) \times KX \quad \cdots (1)$$

ここで、 $KX$ は車両設計値に基づく所定の係数である。

【0032】次のステップST4cでは、車体前後方向の速度変化量 $VVBG$ を次式により算出する。

$$VVXBG = VVBG \cos \beta \quad \cdots (2)$$

【0033】また、上記ステップST4aで車体スリップ角 $\beta$ の絶対値がしきい値 $\beta_c$ 未満の場合にはステップST4dに進み、そこで推定前後加速度の車速変換値を※

$$VVX\beta(n) = VVX\beta(n-1) + VVBG(n) \quad \cdots (4)$$

により算出し、ステップST4dを経た場合には推定車★ ★体速度X方向値 $VVX\beta$ を次の式

$$VVX\beta(n) = VVX\beta(n-1) + FGEF \times KX \quad \cdots (5)$$

により算出する。ここで、 $(n)$ は今回の計算ループを示し、 $(n-1)$ は前回の計算ループを示す。

【0035】このようにして第4ステップST4におけるサブルーチンのステップST4a～ステップST4eにより推定車体速度X方向値 $VVX\beta$ を算出して、図2における推定車体速度X方向算出部 $VVX\beta$ にて推定車体速度を求めている。

【0036】図2に示されるように、推定車体速度算出部 $VV\beta$ に、推定車体速度X方向値 $VVX\beta$ と車体スリップ角 $\beta$ とを入力している。上記サブフロー（第4aステップST4a～第4eステップST4e）で示したようにして推定車体速度X方向値 $VVX\beta$ を求める。したがって、車体速度の推定にあつては、路面摩擦係数 $\mu$ 、車体スリップ角 $\beta$ 、タイヤスリップ率 $SLP_{mn}$ 、制動・駆動力 $F_{Xmn}$ 、推定前後加速度 $FGE$ （ $FGEF$ ）、タイヤ横力 $CF_{mn}$ 、推定横加速度 $LGE$ （ $LGEF$ ）の各値を用いており、車両の運動状態を路面の状況も含めた形で車両モデル化を行い、制動時にタイヤのスリップが生じたり、前後加速度センサのみを用いた場合に影響を受けていた路面からのノイズあるいは登坂時のオフセットを排除でき、正確な推定車体速度を求めることができる。

【0037】これにより、特に旋回中の車輪にスリップが生じているような場合に正確な車速を求めることができ、車速を用いた走行制御の精度を高めることができる。このようにして推定車体速度X方向値 $VVX\beta$ を算出したら、第5ステップST5に進む。

【0038】第5ステップST5では、各タイヤの基準となる輪転方向速度 $VC_{FR} \cdot VC_{FL} \cdot VC_{RR} \cdot VC_{RL}$ を☆

$$SLP_{mn} = 100 \times (VC_{mn} - VW_{mn}) / VC_{mn} \quad \cdots (6)$$

により求め、車輪速 $VW_{mn}$ を基準とする場合には、

$$SLP_{mn} = 100 \times (VC_{mn} - VW_{mn}) / VW_{mn} \quad \cdots (7)$$

により求める。

【0041】次の第7ステップST7では、タイヤスリップ角（タイヤ横滑り角） $\alpha_{mn}$ を、接地点速度X方向値

8  
 \*か否かを判別する。車体スリップ角 $\beta$ の絶対値がしきい値 $\beta_c$ 以上の場合にはステップST4bに進み、そこで、車体進行方向の車体速度変化量 $VVBG$ を次式により算出する。

※次式により算出する。

$$\text{車速変換値} = FGEF \times KX \quad \cdots (3)$$

【0034】そして、ステップST4cまたはステップST4dの次に進むステップST4eでは、ステップST4cを経た場合には推定車体速度X方向値 $VVX\beta$ を次の式

☆算出する。このとき、まず接地点速度X方向算出部 $VC_{Xmn}$ で、上記したように推定車体速度X方向値 $VVX\beta$ に推定ヨーレイト $CFYAWR$ を加味した結果に基づき各輪毎の挙動を知ることができる。これにより各輪毎の接地点速度X方向値 $VC_{XFR} \cdot VC_{XFL} \cdot VC_{XRR} \cdot VC_{XRL}$ を算出する。同様に、接地点速度Y方向算出部 $VC_{Ymn}$ で、推定車体速度X方向値 $VVX\beta$ と推定ヨーレイト $CFYAWR$ とに基づき、さらに車体スリップ角 $\beta$ を含めることにより、各輪毎の接地点速度Y方向値 $VC_{YFR} \cdot VC_{YFL} \cdot VC_{YRR} \cdot VC_{YRL}$ を求める。したがって、車体スリップ角 $\beta$ が0の時は接地点速度Y方向値は0になる。

【0039】なお、上記接地点速度X方向値と接地点速度Y方向値とがタイヤの輪転方向に対してX方向成分とY方向成分とになることから、接地点速度X方向算出部 $VC_{Xmn}$ と接地点速度Y方向算出部 $VC_{Ymn}$ とによりXY方向車輪速推定算出部が構成される。そして、接地点速度X方向値 $VC_{Xmn}$ （値として表す場合には、 $m$ にはFまたはRが入り、 $n$ にはRまたはLが入るものとする。以下同様。）と接地点速度Y方向値 $VC_{Ymn}$ とに基づいて、輪転方向速度算出部 $VC_{mn}$ では各輪毎の輪転方向速度 $VC_{FR} \cdot VC_{FL} \cdot VC_{RR} \cdot VC_{RL}$ を求める。

【0040】次の第6ステップST6では、各輪毎のタイヤスリップ率 $SLP_{mn}$ を求める。このスリップ率の算出にあつては、上記輪転方向速度 $VC_{mn}$ を基準とする場合と、車輪速 $VW_{mn}$ を基準とする場合とのいずれであっても良い。輪転方向速度 $VC_{mn}$ を基準とする場合には、

$VC_{Xmn}$ と接地点速度Y方向値 $VC_{Ymn}$ とに基づいて求め、図6に示される第8ステップST8に進む。

【0042】第8ステップST8では、制動・駆動力

50

(6)

9

(タイヤ前後力)  $F_{Xmn}$ を、上記したようにタイヤ前後力算出部  $F_{Xmn}$ に入力される輪荷重  $F_{Zmn}$ とタイヤスリップ率  $SLP_{mn}$ と推定路面摩擦係数  $\mu$ とに基づいて算出する。なお、計算を簡単に行うために図7に示されるように推定路面摩擦係数  $\mu$ を高・中・低の3段階に分けて、それぞれのタイヤスリップ率に対するタイヤ前後力(制動・駆動力)係数を求めるテーブル(マップ)を用いると良い。この場合には、図7から求めた係数に輪荷重を乗算して制動・駆動力  $F_{Xmn}$ を求めることができる。

\* 10

$$FGE = (FXFR + FXFL + FXRR + FXRL) / (\text{車両総重量}) \quad \dots (8)$$

次の第10ステップST10では、推定前後加速度  $FGE$ を推定前後加速度フィルタ  $FGEF$ によりフィルタ処理する。この場合には、推定前後加速度  $FGE$ をローパスフィルタでノイズ除去するものであって良い。

【0045】次の第11ステップST11では、第6ステップST6で求めた各輪毎のタイヤスリップ率  $SLP_{mn}$ と輪荷重  $F_{Zmn}$ とコーナリングフォース  $F_{Ymn}$ と推定路面摩擦係数  $\mu$ とに基づいてタイヤ横力  $CF_{mn}$ を求める。なお、この場合にも計算を簡単に行うために図8に示されるように推定路面摩擦係数  $\mu$ を高中低の3段階に分けて、それぞれのタイヤスリップ(横滑り)角に対するタイヤ横力係数を求めるテーブル(マップ)を用いる。そして、図8から求めた係数に輪荷重を乗算して、※

$$LGE = (CFFR + CFFL + CFRR + CFRL) / (\text{車両総重量}) \quad \dots (9)$$

【0048】ここで、上記第11ステップST11と第12ステップST12との間で、推定ヨーレイト  $CFYAWR$ を求めると良い。その推定ヨーレイト算出サブフローチャートを図10に示す。

★

$$MOMFX = (FXFR - FXFL) \times TRDF + (FXRR - FXRL) \times TRDR \quad \dots (10)$$

なお、 $TRDF$ 及び $TRDR$ は前輪トレッド及び後輪トレッドである(図3参照)。

【0050】次の第22ステップST22では、前後輪☆

$$CFK1 = [LSR \times (CFFR + CFFL + CFRR + CFRL) + (\Delta YRR / KD YR) + MOMFX] / (LSF + LSR) / (CFFR + CFFL) \quad \dots (11)$$

なお、 $LSF$ は、車両重心からの前輪軸までの長さであり、 $LSR$ は車両重心からの後輪軸までの長さであり(図3参照)、 $KDYR$ は実ヨーレイト変化量  $\Delta YRR$ をモーメントに変換するものである。

◆ 40

$$CFK2 = [LSF \times (CFFR + CFFL + CFRR + CFRL) + (\Delta YRR / KD YR) + MOMFX] / (LSF + LSR) / (CFRR + CFRL) \quad \dots (12)$$

【0052】次の第24ステップST24では、上記ステップで求めた  $CFK1$ 及び $CFK2$ を用いて、推定ヨ

$$\Delta YRE = (LSF \times CFK1 \times (FRR + CFFL) - LSR \times CFK2 \times (CFRR + CFRL) - MOMFX) \times KD YR \quad \dots (13)$$

この推定ヨーレイト変化量(推定ヨーモーメント)  $\Delta YRE$ を積分すると、推定ヨーレイト(車体推定ヨーイング速度)となる。

$$CFYAWR(n) = CFYAWR(n-1) + \Delta YRE(n) \times Tr \quad \dots (14)$$

10

\*【0043】図7に示されるような推定路面摩擦係数  $\mu$ の違いに応じた三次元マップを用いることにより、推定精度を向上することができる。なお、マップの作成にあつては、図示例のように3段階(高  $\mu$ ・中  $\mu$ ・低  $\mu$ )以上にすることが望ましい。

【0044】次の第9ステップST9では、第8ステップST8で算出した制動・駆動力  $F_{Xmn}$ から推定前後加速度  $FGE$ を求める。この算出式は、次式であつて良い。

※スリップ率0の時のタイヤ横力  $CF_{mn}$ を求める。

【0046】さらに、図9に示されるテーブル(マップ)を用いてタイヤ横力係数を求める。図9は、上記図7・8と同様に推定路面摩擦係数  $\mu$ を高中低の3段階に分けて、それぞれのタイヤスリップ率に対するタイヤ横力減少係数を求めるものである。この三次元マップから求めた横力減少係数をタイヤスリップ率に応じて求め、上記スリップ率を0として求めたタイヤ横力  $CF_{mn}$ に算し、高精度なタイヤ横力  $CF_{mn}$ を求める。

【0047】次の第12ステップST12では、タイヤ横力算出部  $CF_{mn}$ からの各タイヤ横力に基づき推定横加速度算出部  $LGE$ にて推定横加速度  $LGE$ を次式により算出する。

★【0049】図10の第21ステップST21では、タイヤ前後力で発生するモーメント  $MOMFX$ を算出する。その算出式は次式であつて良い。

☆モーメント(ヨーレイト補正係数)算出部  $CFKx$ で、式(10)の  $MOMFX$ を用いた次式により前輪モーメント補正係数  $CFK1$ を求める。

◆【0051】次の第23ステップST23では、上記と同様にして次式により後輪モーメント補正係数  $CFK2$ を求める。

\*ヨーレイト変化量算出部  $\Delta YRE$ で推定ヨーレイト変化量(推定ヨーモーメント)  $\Delta YRE$ を次式により求める。

※【0053】第25ステップST25では、推定ヨーレイト算出部  $CFYAWR$ にて今回のルーチンにおける推定ヨーレイト  $CFYAWR(n)$ を次式により求める。

(7)

11

ここで、CFYAWR (n-1)は前回の本サブルーチンで求められた推定ヨーレイトであり、 $T_r$ は本演算を行うループタイムである。

【0054】このようにして、推定ヨーレイトCFYAWRを求めることにより、特に旋回時の安定した走行制御に用いるヨーレイトの精度を高めることができる。

【0055】従来の例えば車輪速の左右の差からヨーレイト（ヨーイング速度）を求めるものにあつては、制動時にヨーモーメント制御を行おうとするとヨーレイトの値が飛んでしまうため、その値をヨーモーメント制御に使用することができなかつた。また、タイヤ横力・前後力からヨーレイトを求めるものにあつては、それらタイヤ横力・前後力を推定するためのタイヤ力学モデルと実タイヤとの特性の違い、あるいは車外の路面からの外乱、さらには車両運動制御に不可欠な車体スリップ角の誤差、路面摩擦係数の推定誤差などにより、タイヤ横力の推定精度が低下した。その結果として、推定ヨーレイトの精度が低下してしまうということがあつた。

【0056】それに対して、ヨーレイトセンサYAWRにより検出したヨーレイトYAWRを用いるだけでなく、タイヤスリップ率SLPmnとタイヤスリップ角 $\alpha_{mn}$ と路面摩擦係数 $\mu$ とを求め、それらに対応したタイヤ力学モデルからタイヤ前後力 $F_{Xmn}$ を算出し、タイヤ横力 $F_{Ymn}$ とタイヤ前後力 $F_{Xmn}$ とヨーレイトYAWRとからヨーレイト補正係数（CFK1・CFK2）を求め、そして、タイヤ横力 $F_{Ymn}$ とタイヤ前後力 $F_{Xmn}$ とヨーレイト補正係数（CFK1・CFK2）とに基づいて算出した推定ヨーモーメント $\Delta YRE$ を用いて推定ヨーレイトCFYAWRを求めている。これにより、推定ヨーレイトCFYAWRが車両運動に合致した値として算出されるため、上記従来の推定ヨーレイトの精度が低下してしまうという問題を解消することができる。

【0057】さらに、仕様違いのタイヤや路面からの外乱などにより、タイヤ横力 $F_{Ymn}$ の推定に誤差が生じて、このヨーレイト補正係数（CFK1・CFK2）を用いることにより、タイヤ横力 $F_{Ymn}$ や横加速度LGEの誤差を排除することが可能となり、タイヤ力学モデルの適応性を向上することができる。

【0058】また、車体スリップ角（横滑り角） $\beta$ にあつては、横加速度と車体速度とヨーレイトとにより車体スリップ角変化量を求め、その車体スリップ角変化量を積分することで、車体スリップ角を求めることができる。しかしながら、そのような従来技術のものでは、ヨーレイトセンサのゼロ点がオフセットしていた場合には、車体スリップ角は（車体横加速度／車体速度－ヨーレイト）の積分になるため、車体スリップ角に常にオフセット分が含まれてしまい、正確な車体スリップ角を求めることができない。

【0059】それに対して、ヨーレイトセンサYAWRの検出値そのままを用いるのではなく、横加速度LGE

12

（LGEF）と車体速度 $VV\beta$ と推定ヨーレイトCFYAWRとに基づき車体スリップ角変化量 $\Delta\beta$ を求め、前回求めた車体スリップ角 $\beta$  (n-1)に車体スリップ角変化量 $\Delta\beta$ を加算して車体スリップ角 $\beta$ を求めている。これにより、ヨーレイトセンサにゼロ点のオフセットがあつても、その影響を受けることがなく、車体スリップ角 $\beta$ の精度を高めることができる。

【0060】また、上記した本制御にあつては、路面摩擦係数 $\mu$ の違いに応じて車体前後方向力係数・車体横方向力係数・車体横方向力減少係数を求めるマップをそれぞれ複数（図示例では高 $\mu$ ・中 $\mu$ ・低 $\mu$ の3つ）用いる。これによりタイヤモデルを路面摩擦係数の違いに応じて複数用意することになり、各タイヤモデルを用いてコーナリングフォースや車体前後方向力（タイヤ横力・タイヤ前後力）を算出することから、それらの算出において路面変化（特に路面摩擦係数）を反映させることにより誤差を少なくすることができ、より一層正確な車体スリップ角 $\beta$ を求めることができる。

【0061】また、推定ヨーレイトCFYAWRをヨーレイトとして使うことができるので、車両の状態判定や走行制御に用いるヨーレイトにはこの推定ヨーレイトCFYAWRを使うと良い。

【0062】次の第13ステップST13では、路面摩擦係数として推定路面摩擦係数 $\mu$ を求める。この推定路面摩擦係数 $\mu$ は、推定横加速度フィルタ処理値LGEFと、推定前後加速度フィルタ処理値FGEFと、トータルグリップ力TGに基づき求めることができる。この推定路面摩擦係数 $\mu$ の算出にあつては、図11に示すサブフローチャートに示されるようにして行うものであつて良い。

【0063】図11において、そのステップST13aでは現在の推定路面摩擦係数 $\mu$ がタイヤグリップ力換算値より小さいか否かを判別する。そのタイヤグリップ力換算値としては、トータルグリップ力TGMに基づいた値（TGM／TIRGRP）として表せる。ここでTIRGRPは、トータルグリップ力TGMを路面摩擦係数の次元に合わせるための換算値である。なお、推定路面摩擦係数 $\mu$ の初期値は乾燥路に対応する1であつて良い。

【0064】ステップST13aで現在の推定路面摩擦係数 $\mu$ がタイヤグリップ力換算値以上であつた場合には、推定路面摩擦係数 $\mu$ を求める処理を開始するべくステップST13bに進む。ステップST13bでは、後輪のタイヤスリップ角 $\alpha_{RR}$ ・ $\alpha_{RL}$ がしきい値MUSLPよりも大きいのか否かを判別する。ここで、図で絶対値としているのは、左右いずれか一方を正として演算しているためである。後輪のタイヤスリップ角が大きい場合には横方向の路面摩擦係数の推定を行うようにし、小さい（しきい値以下）場合には前後方向の路面摩擦係数の推定を行うべくステップST13cに進む。



(8)

13

【0065】次のステップST13c～ST13eでは、前後方向の路面摩擦係数の推定を行うための推定条件として、車速・タイヤスリップ率・操舵角の各条件が全て成立しているか否かを判定する。

【0066】そこで、ステップST13cでは、推定車体速度X方向値 $VVX\beta$ がしきい値 $VVFGBT$ 以上か否かを判別し、しきい値以上の場合にはステップST13dに進み、しきい値未満の場合には本サブフロー処理の今回のルーチンを終了する。ステップST13dでは、少なくとも1輪のタイヤスリップ率 $SLPmn$ がしきい値 $SLPBT$ 以上か否かを判別し、しきい値以上の場合にはステップST13eに進み、しきい値未満の場合には本サブフロー処理の今回のルーチンを終了する。ステップST13eでは、操舵角 $STC$ がしきい値 $BTS$ 以上か否かを判別し、しきい値以上の場合にはステップST13fに進み、しきい値未満の場合には本サブフロー処理の今回のルーチンを終了する。

【0067】ステップST13fでは、推定前後加速度 $FGE$ がセンサによる車体前後加速度 $FG$ 以上であるか否かを判別し、車体前後加速度 $FG$ 以上の場合には推定路面摩擦係数 $\mu$ を引き下げる処理を行うために、図12に示されるステップST13gに進み、車体前後加速度 $FG$ 未満の場合には推定路面摩擦係数 $\mu$ を持ち上げる処理を行うステップに進む。

【0068】図12に示されるように、ステップST13gでは、推定前後加速度 $FGE$ からセンサによる車体前後加速度 $FG$ を引いた値（前後加速度比較値）がしきい値 $BTFG$ を越えているか否かを判別し、しきい値を越えている場合にはステップST13hに進む。ステップST13hでは、ステップST13gで判別されたしきい値を越えた状態が一定時間以上続いたか否かを判別し、一定時間以上続いた場合には $\mu$ ジャンプ（路面摩擦係数の大きな変化）とみなしてステップST13iに進み、 $\mu$ ジャンプでない場合にはステップST13jに進む。

【0069】そして、ステップST13jで、現在の推定路面摩擦係数 $\mu$ から一定値（例えば0.0078）を減算して、推定路面摩擦係数 $\mu$ を引き下げ、ステップST13kに進む。ステップST13kでは、推定路面摩擦係数 $\mu$ が制御に相応しくない値になることを防止するべく、ある範囲内に収まるように、上限と下限との各リミッター処理を行い、本サブフロー処理の今回のルーチンを終了する。

【0070】また、ステップST13iでは、ステップST13hで $\mu$ ジャンプであるとされた回数が規定回数に達したか否かを判別し、規定回数未満であればステップST13jに進み、規定回数に達していたらステップST13lに進む。そのステップST13lでは、推定路面摩擦係数 $\mu$ にタイヤグリップ力換算値（ $TGM/TIRGRP$ ）を代入し、ステップST13kに進む。な

14

お、上記ステップST13gで推定前後加速度 $FGE$ から車体前後加速度 $FG$ を引いた値（偏差）がしきい値 $BTFG$ 以下であると判別された場合にもステップST13kに進む。

【0071】また、上記ステップST13aで現在の推定路面摩擦係数 $\mu$ がタイヤグリップ力換算値より小さいと判別された場合にはステップST13mに進む。ステップST13mで、推定路面摩擦係数 $\mu$ をタイヤグリップ力換算値（ $TGM/TIRGRP$ ）として、ステップST13kに進む。

【0072】また、上記ステップST13fで推定前後加速度 $FGE$ がセンサによる車体前後加速度 $FG$ 以上であると判別された場合には図12のステップST13nに進む。ステップST13nでは、センサによる車体前後加速度 $FG$ から推定前後加速度 $FGE$ を引いた値（偏差）がしきい値 $BTFG$ を越えているか否かを判別し、しきい値以下の場合にはステップST13kに進み、しきい値を越えている場合にはステップST13oに進む。ステップST13oでは、現在の推定路面摩擦係数 $\mu$ に一定値（例えば0.0078）を加算して、推定路面摩擦係数 $\mu$ を持ち上げ、ステップST13kに進む。

【0073】次に、ステップST13bで後輪のタイヤスリップ角が大きいと判別されて、横方向の路面摩擦係数の推定を行う場合には、図13のステップST13pに進む。このステップST13pでは、実ヨーモーメントがしきい値を越えているか否かを判別する。この判定は図2に示されていないが、例えばヨーレートセンサ2によるヨーレート $YAWR$ の検出値を路面摩擦係数算出部 $\mu$ に入力し、その路面摩擦係数算出部 $\mu$ で処理して良い。実ヨーモーメントがしきい値以下の場合には本サブフロー処理の今回のルーチンを終了する。

【0074】このステップST13pで実ヨーモーメントがしきい値を越えていると判別された場合にはステップST13qに進む。ステップST13qでは、推定横加速度 $LGE$ （ $LGEF$ ）がセンサによる車体横加速度 $LG$ 以上であるか否かを判別し、車体横加速度 $LG$ 以上の場合には推定路面摩擦係数 $\mu$ を引き下げる処理を行うために、ステップST13rに進み、車体横加速度 $LG$ 未満の場合には推定路面摩擦係数 $\mu$ を持ち上げる処理を行うステップに進む。

【0075】ステップST13rでは、推定横加速度 $LGE$ （ $LGEF$ ）からセンサによる車体横加速度 $LG$ を引いた値（横加速度比較値）がしきい値 $BTLG$ を越えているか否かを判別し、しきい値を越えている場合にはステップST13sに進む。

【0076】ステップST13sでは、ステップST13rで判別されたしきい値を越えた状態が一定時間以上続いたか否かを判別し、一定時間以上続いた場合には $\mu$ ジャンプとみなしてステップST13tに進み、 $\mu$ ジャンプでない場合にはステップST13uに進む。

(9)

15

【0077】そして、ステップST13uで、現在の推定路面摩擦係数 $\mu$ から一定値（例えば0.0078）を減算して、推定路面摩擦係数 $\mu$ を引き下げ、ステップST13vに進む。ステップST13vでは、推定路面摩擦係数 $\mu$ が制御に相応しくない値になることを防止するべく、ある範囲内に収まるように、上限と下限との各リミッター処理を行い、本サブフロー処理の今回のルーチンを終了する。

【0078】また、ステップST13tでは、ステップST13sで $\mu$ ジャンプであるとされた回数が規定回数に達したか否かを判別し、規定回数未満であればステップST13uに進み、規定回数に達していたらステップST13wに進む。そのステップST13wでは、推定路面摩擦係数 $\mu$ にタイヤグリップ力換算値（TGM/TIRGRP）を代入し、ステップST13vに進む。なお、上記ステップST13rで推定横加速度LGEから車体横加速度LGを引いた値（偏差）がしきい値BTLG以下であると判別された場合にもステップST13vに進む。

【0079】また、上記ステップST13qで推定横加速度LGE（LGEF）がセンサによる車体横加速度LG以上であると判別された場合にはステップST13xに進む。ステップST13xでは、センサによる車体横加速度LGから推定横加速度LGE（LGEF）を引いた値（偏差）がしきい値BTLGを越えているか否かを判別し、しきい値以下の場合にはステップST13vに進み、しきい値を越えている場合にはステップST13yに進む。ステップST13yでは、現在の推定路面摩擦係数 $\mu$ に一定値（例えば0.0078）を加算して、推定路面摩擦係数 $\mu$ を持ち上げ、ステップST13vに進む。

$$\Delta\beta = KLGVD \times (LGE/VV\beta) - CFYAWR \quad \cdots (15)$$

ここで、KLGVDは、推定横加速度LGE（LGEF）と推定車体速度VV $\beta$ とに基づく値を、推定ヨーレートCFYAWRと次元を合わせるための係数である。この車体スリップ角変化量（横滑り角レート） $\Delta\beta$ を積分すると車体スリップ角（横滑り角）となる。

【0084】そして、第15ステップST15では、車体スリップ角（横滑り角） $\beta$ の算出を次式により車体スリップ角算出部 $\beta$ で求める。

$$\beta(n) = \beta(n-1) + \Delta\beta(n) \quad \cdots (16)$$

ここで、nは今回ルーチンの算出値であり、n-1は前回ルーチンの算出値を示す。すなわち、車体スリップ角 $\beta$ の算出にあっては、前回ルーチン時の車体スリップ角 $\beta(n-1)$ に今回ルーチンの第14ステップST14で求めた車体スリップ角変化量 $\Delta\beta$ を加算して求める。

【0085】この車体スリップ角 $\beta$ を求めるために、上記したように、推定路面摩擦係数 $\mu$ の違い（図示例では高・中・低）に応じてタイヤ前後力及びタイヤ横力を考慮したタイヤモデルを用いることができると共に、それ

16

\*【0080】このようにして推定路面摩擦係数 $\mu$ を求めることから、路面摩擦係数の推定精度を高めることができる。従来技術でタイヤスリップ率SLPmnのみに頼る場合には雪道や凍結路であり滑ることなく走行できてしまつて、タイヤスリップ率が小さい場合には、路面摩擦係数を高く推定してしまうという問題が生じるが、上記推定路面摩擦係数 $\mu$ を求めるロジックによればそのような問題が生じない。

【0081】すなわち、車体前後加速度及び車体横加速度を用いて、直進時や旋回走行時に応じた推定を行うことができると共に、路面摩擦係数の急変である $\mu$ ジャンプを判断することにより推定路面摩擦係数 $\mu$ が大きく外れた値になることを防止して、常に実際の路面摩擦係数に一致または近い値を推定することができる。また、タイヤスリップ角 $\alpha mn$ と、タイヤ横力及びタイヤ前後力を求めるためのタイヤデータマップ（図7・8）とから、前後・横加速度及びヨーモーメントを推定することができると共に、それら推定値と各センサ検出値との比較から推定路面摩擦係数 $\mu$ を補正することができる（上記 $\mu$ の引き下げまたは持ち上げ処理）。また、その補正された推定路面摩擦係数 $\mu$ に基づき、タイヤデータマップのゲインを適応させることができる（図示例では高・中・低の $\mu$ に適応させている）。

【0082】このようにして、加減速や旋回中などのあらゆる走行状態に応じて、常時高精度な路面摩擦係数を推定することができる。なお、推定路面摩擦係数 $\mu$ の目標精度は、タイヤスリップ角 $\alpha mn$ の目標精度を0.5度とすると、0.05にすることができる。

【0083】次の第14ステップST14では、車体スリップ角変化量（横滑り角レート） $\Delta\beta$ を次式により車体スリップ角変化量算出部 $\Delta\beta$ で求める。

によりタイヤ横力及びタイヤ前後力（制動・駆動力）の推定値の誤差を少なくすることができ、より一層正確な車体スリップ角 $\beta$ を求めることができる。

【0086】このようにして構成された制御装置により、スタビリティ（stability）とステアアビリティ（steerability）とを両立させる制御を行うことができ、その一例としてオーバーステア／アンダーステア時の制御について以下に示す。

【0087】従来、操舵角とヨーレートとの各センサ値により制御量を求め、オーバーステア及びアンダーステアの走行状態のそれぞれの場合におけるモーメントをブレーキ力によって制御するものがある。それは、操舵角から求めた規範ヨーレートとヨーレートセンサによる検出値との偏差を制御量とし、オーバーステア時には旋回外輪の2輪にブレーキ力を付加し、アンダーステア時には旋回内輪の2輪にブレーキ力を付加し、それぞれの状態に応じて車体に生じるモーメントを制御するものである。

(10)

17

【0088】しかしながら、このヨーレイト制御では、4輪の各タイヤのグリップ状態を直接監視して制御していないので、モーメント制御はできるが、車両の走行軌跡を制御することができない。例えば、走行軌跡が旋回外側に膨らんでしまう（ドリフトアウト）場合が生じる。

【0089】それに対して、本制御装置を用いた車両運動制御にあつては、車体速度 $V$ ・路面摩擦係数 $\mu$ ・車体スリップ角 $\beta$ ・タイヤスリップ角 $\alpha_{mn}$ をそれぞれ推定し、オーバーステア時には、両後輪と前輪外側との3輪を車体スリップ角 $\beta$ に応じた制動力で制御し、アンダーステア時には、両後輪をアンダーステアの量に応じた制動力で制御することができる。これにより、モーメントを制御すると共に、車両の運動エネルギーを減らし、特に車両のドリフトアウトを抑制することができる。

【0090】このオーバーステア／アンダーステア時の制御の具体例を図14～16のフローチャート及び図17の制御ロジックブロック図を参照して以下に示す。図14の第31ステップST31に示されるように、まず、運動量低減制御中か否かの判別を行う。これは、上記したように、オーバーステア／アンダーステア時の制御にあつては少なくとも両後輪を制動制御することから、現在両後輪を制動制御中であるか否かを判定するものである。被制御中の場合には本制御を開始するべく第32ステップST32に進み、制御中の場合には運動量低減制御終了条件のフローを実行する第33ステップST33に進む。

【0091】第32ステップST32では、運動量低減制御開始条件の成立を判定するべく、推定車体速度 $V$ がしきい値 $V_{VALST}$ （例えば20km/h）以上か否かを判別し、しきい値 $V_{VALST}$ 以上の場合には第34ステップST34に進む。その第34ステップST34では、一定以上の滑りがあることを前輪と後輪とを個別に判断するべく、後輪のタイヤスリップ角 $\alpha_{Rn}$ の絶対値がしきい値 $ALFIN$ 以上であるか否かを判別し、しきい値 $ALFIN$ 以上の場合には第35ステップST35に進む。

【0092】このように、運動量低減制御の開始条件を車速と後輪のタイヤスリップ角とにより判定する。各ステップST32・33でそれぞれしきい値未満である場合には今回のルーチンを終了する。

【0093】第35ステップST35では、車両の減速制御に必要な後輪基本目標車輪速 $V_{IRn}$ を算出する。この後輪基本目標車輪速 $V_{IRn}$ は、図17に示されるように、操舵角 $STC$ から算出した規範ヨーレイト $MYRNO$ と、ヨーレイト $YAWR$ とから目標車輪速変更率 $RUDVR$ を算出し、また推定車体速度 $X$ 方向値 $VX\beta$ から輪転方向速度 $VCmn$ を算出し、それら目標車輪速変更率 $RUDVR$ と輪転方向速度 $VCmn$ とに基づいて算出される。

18

【0094】なお、上記第33ステップST33に進んだ場合には、そこで、車速条件が成立したか否かを、ほぼ停止状態と判断できる下限車速（例えば10km/h）との比較で行い、下限車速以下の場合には終了条件成立として本ルーチンを終了し、それ以外の場合には不成立であるとして第36ステップST36に進む。すなわち、ある程度の運動状態でないと制御を開始せず、また一旦開始したら直ぐには止めないようにしている。第36ステップST36では、車体スリップ角条件が成立したか否かを下限車体スリップ角との比較で行い、下限車体スリップ角以上の場合には第37ステップST37に進む。これは、後輪制御中には、車体スリップ角が大きくなり過ぎると、更に制御を続行することにより車両が不安定（オーバーステアまたはスピン）となることから、ある程度車体スリップ角が大きくなったら制御を終了させるためである。

【0095】第37ステップST37では、タイヤスリップ角条件が成立したか否かを下限タイヤスリップ角（安定状態に戻ったと判断し得る値）との比較で行い、下限タイヤスリップ角以上の場合には第38ステップST38に進む。第38ステップST38では、横加速度条件が成立したか否かを下限横加速度（安定状態（限界内）に戻ったと判断し得る値）との比較で行い、下限横加速度以下の場合には第39ステップST39に進み、下限横加速度以下になっていない場合には運動量低減制御を続行するべく上記第35ステップST35に進む。なお、第36ステップST36で車体スリップ角条件が成立した場合、第37ステップST37でタイヤスリップ角条件が成立した場合には、それぞれ第39ステップST39に進む。

【0096】そして、第39ステップST39では、運動量低減制御終了として良い時間としてのディレイ時間（例えば200ms）が終了したか否かを判別し、ディレイ時間が終了していない場合には運動量低減制御を続行するべく上記第35ステップST35に進み、終了していた場合には本ルーチンを終了する。

【0097】上記第35ステップST35に進んだ場合には、次の第40ステップST40で、アンダーステアか否（オーバーステア）かを判別する。この判別にあつては、規範ヨーレイト $MYRNO$ とヨーレイト $YAWR$ との偏差から判別する（O/U）ことができる。そして、アンダーステアの場合には第41ステップST41に進み、オーバーステアの場合には第42ステップST42に進む。

【0098】第41ステップST41では、アンダーステアの量に応じて算出される目標車輪速変更量（目標車輪速変更率 $RUDVR$ ）を基準目標車輪速（輪転方向速度 $VCmn$ ）から減算して制御目標車輪速（車両運動量低減制御目標車速） $V_{IRn}$ を求める。次の第43ステップST43（図15参照）では内輪の目標制御量を、続く

(11)

19

第44ステップST44では外輪の目標制御量を、それぞれ対応する後輪車輪速( $VWRR/VWRL$ )と制御目標車輪速 $VI_{Rn}$ との偏差から算出する( $VERR \cdot VERL$ )。

【0099】次の第45ステップST45では、旋回内側のリミッター値( $ILIN$ )を、タイヤ横力 $CF_{mn}$ とタイヤ前後力 $FX_{mn}$ と路面摩擦係数 $\mu$ に基づいて求め(図17参照)、第46ステップST46では同様にして旋回外側のリミッター値( $ILOUT$ )を求める。

【0100】また、上記したようにオーバーステアとして第42ステップST42に進んだ場合には、そこで後輪制御量(目標制御量)を算出する。まず、基準目標車輪速(輪転方向速度 $VC_{mn}$ )を制御目標車輪速(車両運動量低減制御目標車速) $VI_{Rn}$ とし、次にその制御目標車輪速 $VI_{Rn}$ と両後輪車輪速検出値 $VWRR \cdot VWRL$ との偏差から、左右後輪のそれぞれの目標制御量 $VERn$ を算出する。

【0101】次の第47ステップST47では、上記アンダーステアの場合と同様にリミッター値( $ILTO$ )を求め、第48ステップST48に進む。また、上記第46ステップST46からも第48ステップST48に進む。

【0102】第48ステップST48では、第46ステップST46または第47ステップST47で算出したリミッター値を用いて後輪制御量の上限値を規制し、そのようにしてリミッター処理された後輪制御量(車両運動量低減制御量) $IT_{Rn}$ を求める。

【0103】次の第49ステップST49からは、オーバーステアの場合に車体スリップ角 $\beta$ から求めたモーメントを用いて制御する場合のモーメント制御を抑制する制御量を算出する。

【0104】まず、第49ステップST49で、モーメント( $\beta$ 角)制御中か否かを判別する。これは車体スリップ角 $\beta$ の大きさで判別できる。モーメント制御中でなければ第50ステップST50に進み、モーメント制御開始条件のフローから始め、モーメント制御中であれば第51ステップST51に進み、モーメント制御終了条件のフローを実行する。

【0105】第50ステップST50に進んだ場合には、そこで、操舵角 $STC$ の推定処理が終了したか否かを判別し、終了した場合には第52ステップST52に進み、終了していない場合には本ルーチンを終了する。第52ステップST52では、推定車体速度 $VV\beta$ がしきい値 $VVALST$ (例えば20km/h)以上か否かを判別し、しきい値 $VVALST$ 以上の場合には第53ステップST53に進む。その第53ステップST53では、タイヤスリップ角 $\alpha_{Rn}$ の条件の成立を、タイヤスリップ角 $\alpha_{Rn}$ の絶対値がしきい値 $RO TIN1$ 以上であり、かつタイヤスリップ角変化率 $D\alpha$ (度/s)がしきい値 $DRO TIN$ 以上の時、またはタイヤスリップ角 $\alpha$

20

$Rn$ の絶対値が絶対値がしきい値 $RO TIN2$ ( $>RO TIN1$ )の時として、成立か否かを判別し、成立の場合には第54ステップST54(図16)に進む。

【0106】第54ステップST54では、車体スリップ角 $\beta$ と車体スリップ角変化量 $\Delta\beta$ との条件が成立しているか否かを判別する。この場合も、車体スリップ角 $\beta$ がしきい値 $\beta1$ 以上であり、かつ車体スリップ角変化率 $D\beta$ (度/s)がしきい値 $D\beta$ 以上の時、または車体スリップ角 $\beta$ がしきい値 $\beta2$ ( $>\beta1$ )の時として、成立か否かを判別し、しきい値以上の場合には第55ステップST55に進む。

【0107】なお、第50ステップST50及び第52ステップST52～第54ステップST54でモーメント制御開始条件が成立しているか否かを判定し、それら各ステップで成立していない(NO)場合には本ルーチンを終了する。

【0108】また、上記第51ステップST51に進んだ場合には、そこで車速終了条件(例えば10km/h)が成立しているか否かを判別する。車速が下限車速以下の場合には終了条件成立として本ルーチンを終了し、それ以外の場合には不成立であるとして第56ステップST56に進む。第56ステップST56では、車体スリップ角とヨーレイトとの符号が同じであるか否かを判別し、同じである場合には第57ステップST57に進む。

【0109】第57ステップST57では、タイヤスリップ角条件(安定状態に戻ったと判断し得る値)が成立しているか否かを判別する。タイヤスリップ角条件が成立している場合には第58ステップST58に進み、不成立の場合には上記第55ステップST55に進む。また、上記第56ステップST56で車体スリップ角とヨーレイトとの符号が違っていた場合にも第58ステップST58に進む。

【0110】第58ステップST58では、車体スリップ角制御終了として良い時間(例えば200ms)としてのディレイ時間が終了したか否かを判別し、ディレイ時間が終了していない場合には車体スリップ角制御を続行するべく上記第55ステップST55に進み、終了していた場合には本ルーチンを終了する。

【0111】第55ステップST55に進んだ場合には、車体スリップ角制御の条件が成立した場合であることから、その制御を行うための目標車体スリップ角 $ROTA$ を、図16に示されるように路面摩擦係数 $\mu$ に基いて算出する。次の第59ステップST59では、目標車体スリップ角 $ROTA$ と車体スリップ角 $\beta$ との偏差からモーメント制御量( $VE\beta \cdot dVE\beta \cdot d^2VE\beta$ )を算出する。ここで、 $VE\beta$ は、推定車体スリップ角 $\beta$ から目標車体スリップ角 $\beta$ ( $ROTA_{LM}$ )を引いた値であり、目標車体スリップ角(限界角)との偏差であり、 $dVE\beta$ は、上記偏差の変化量(微分値であり、目標車

(12)

21

体スリップ角 $\beta$ が固定値であればヨーレイト相当値)であり、 $d^2VE\beta$ は、上記変化量の変化量(偏差の2階微分であり、目標車体スリップ角 $\beta$ が固定値であればヨーレイト変化量相当値)である。次の第60ステップST60では、路面摩擦係数 $\mu$ と輪荷重 $FZ_{mn}$ とに基づき制御量のリミッター値( $ROTLH \cdot ROTLL$ )を算出する。そして、第61ステップST61で、モーメント制御量( $VE\beta \cdot dVE\beta \cdot d^2VE\beta$ )をリミッター値( $ROTLH \cdot ROTLL$ )により規制して旋回外側前輪制御量 $ROTTOTL$ を決定し、本ルーチンを終了する。

【0112】そして、後輪制御量 $ITRn$ と旋回外側前輪制御量 $ROTTOTL$ とに応じて目標油圧設定部 $P_{mn}$ で制動制御における各輪の目標油圧 $PFR \cdot PFL \cdot PRR \cdot PRL$ を設定する。それに応じて制動力制御装置 $VEU$ により各輪の制動力を制御する。これにより、モーメントのコントロールと共に、車両の運動エネルギーを減らし、車両のドリフトアウトを抑制することができる。

【0113】例えば図18に示されるように、車両の旋回走行におけるニュートラルな軌跡が図の実線の矢印Nで示されるような場合に、アンダーステアになる場合には図の破線の矢印USのようになり、オーバーステアになる場合には図の想像線の矢印OSに示されるようになる。

【0114】アンダーステアUSの場合には、車両の運動状態や路面状況などに応じて上記したようにして求めた目標油圧 $PRR \cdot PRL$ により両後輪 $RR \cdot RL$ に制動力 $F_{XRR} \cdot F_{XRL}$ をかける。これにより車両をニュートラルな旋回軌跡上を走行させることができる。オーバーステアOSの場合には、同様にして求めた目標油圧 $PRR \cdot PRL$ により両後輪 $RR \cdot RL$ に制動力 $F_{XRR} \cdot F_{XRL}$ をかけると共に、前輪旋回外側(図示例では右側前輪 $FR$ )に目標油圧 $PFR$ により制動力 $F_{XFR}$ をかける。これにより、車両をニュートラルな旋回軌跡上を走行させることができる。

【0115】

【発明の効果】このように本発明によれば、車体前後方向と車体横方向とに対してそれぞれセンサ検出値と推定値とを比較して、その偏差に応じて路面摩擦係数を求めることから、単にタイヤスリップ率から路面摩擦係数を求めるのではなく、横方向に対しても考慮して、路面摩擦係数を高精度に求めることができる。

【0116】特に、前後加速度比較値と横加速度比較値との少なくとも一方がしきい値を所定時間以上越えた場

22

合には路面摩擦係数が急変したと判定することができ、その場合には路面摩擦係数を大きく変えずに処理することにより、路面摩擦係数の急変化にも対応した適切な車両挙動制御を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明が適用された自動車のシステム構成図。

【図2】本発明が適用された各制御値の推定ロジックを示すブロック図。

【図3】旋回時の車両におけるタイヤスリップ角・タイヤ横力・車体の横加速度・タイヤ前後力・ヨーイングを示す図。

【図4】制御要領を示すフローチャート。

【図5】推定車体速度を算出するサブフローチャート。

【図6】図4に続くフローチャート。

【図7】タイヤ前後力係数を求めるマップ。

【図8】タイヤ横力係数を求めるマップ。

【図9】タイヤ横力減少係数を求めるマップ。

【図10】推定ヨーレイトを算出するサブフローチャート。

【図11】路面摩擦係数を推定するサブフローチャート。

【図12】図11に続くフローチャート。

【図13】図11に続くフローチャート。

【図14】車両運動制御制御量を演算するフローチャート。

【図15】図14に続くフローチャート。

【図16】図15に続くフローチャート。

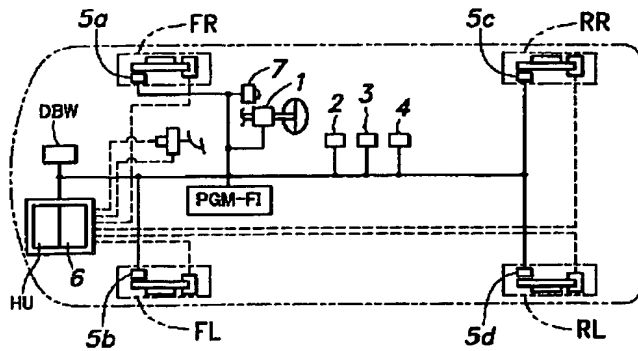
【図17】車両運動制御における各制御値の推定ロジックを示すブロック図。

【図18】アンダーステア/オーバーステア時の制御要領を示す説明図。

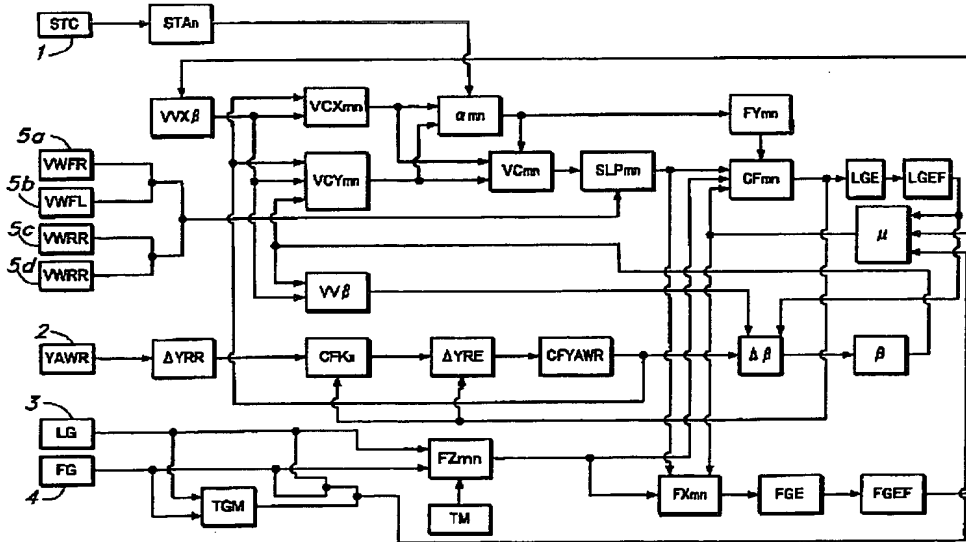
【符号の説明】

- 1 操舵角センサ
- 2 ヨーレイトセンサ
- 3 横加速度センサ
- 4 前後加速度センサ
- 5 a・5 b・5 c・5 d 車輪速センサ
- TM タイヤモデル設定部
- FGE 推定車体前後加速度算出部
- FZ<sub>mn</sub> 輪荷重算出部
- SLP<sub>mn</sub> タイヤスリップ率算出部
- $\mu$  路面摩擦係数算出部
- CF<sub>mn</sub> タイヤ横力算出部
- LGE 推定横加速度算出部

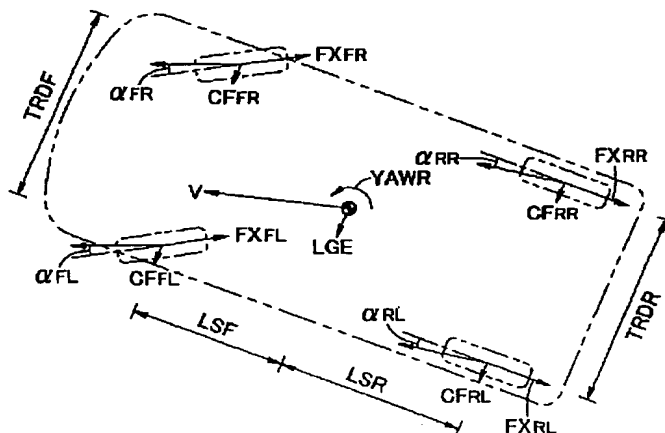
【図 1】



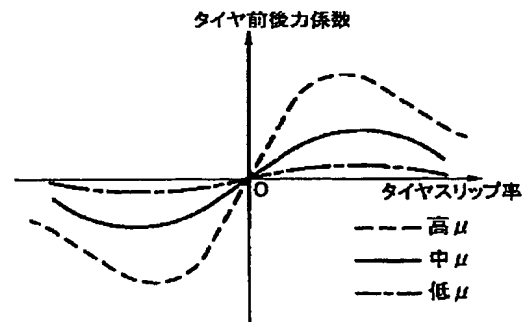
【図 2】



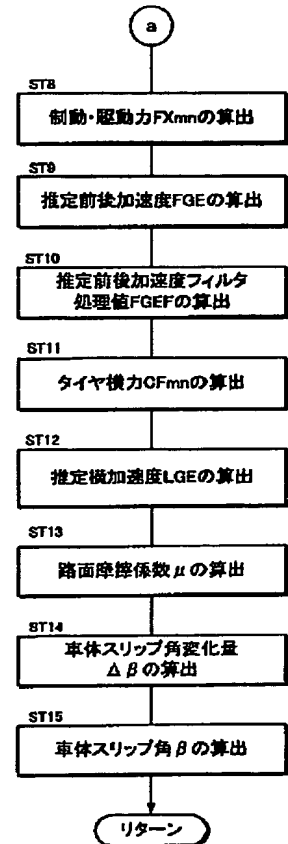
【図 3】



【図 7】

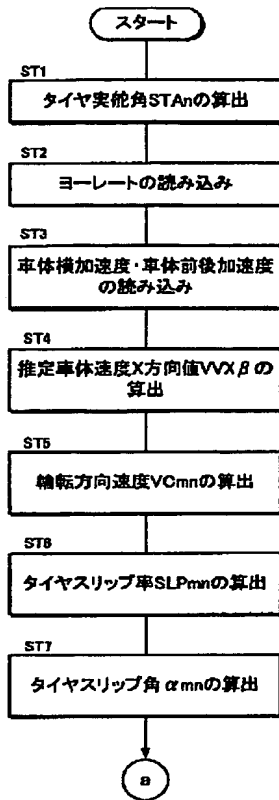


【図 6】

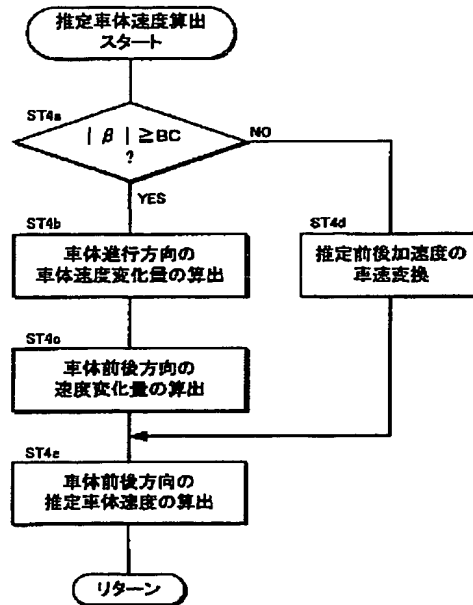


(14)

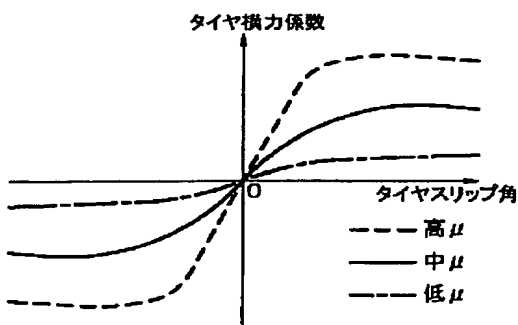
【図4】



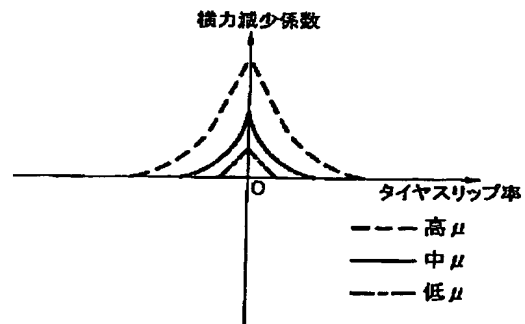
【図5】



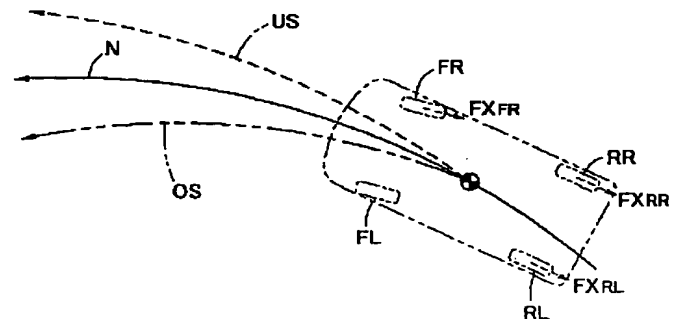
【図8】



【図9】

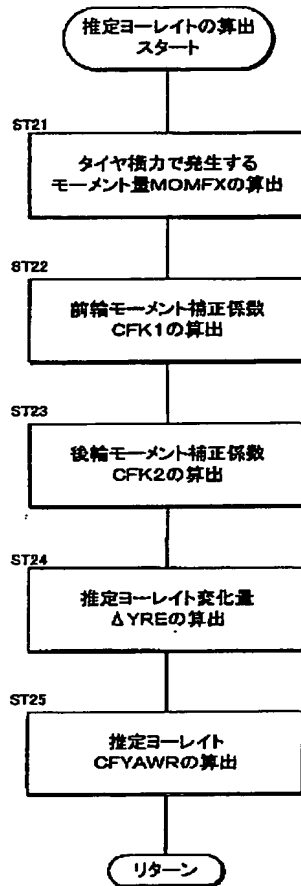


【図18】

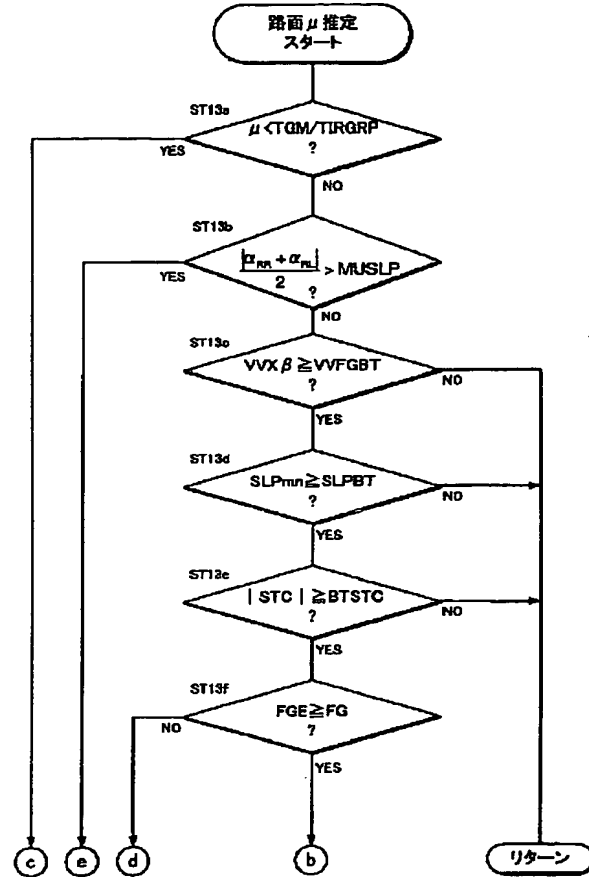


(15)

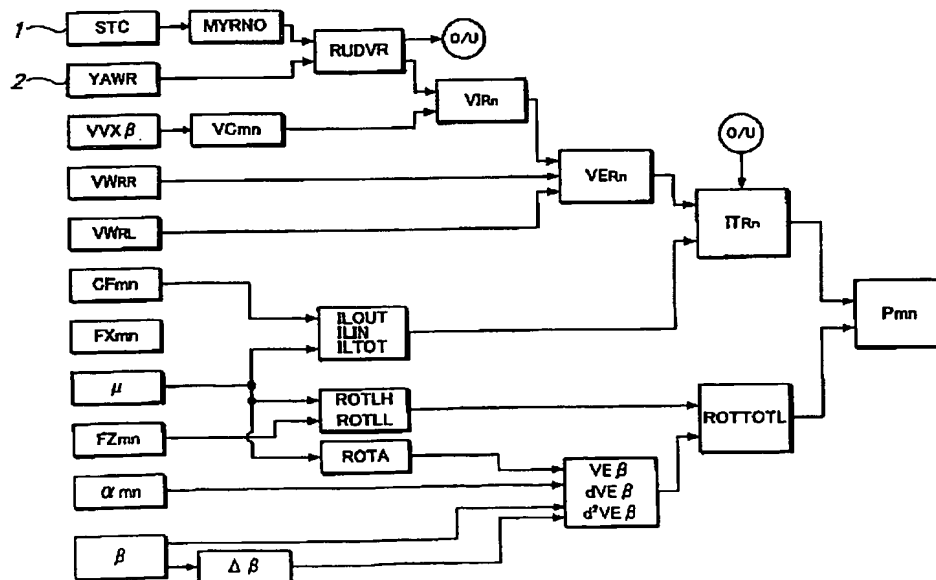
【図10】



【図11】



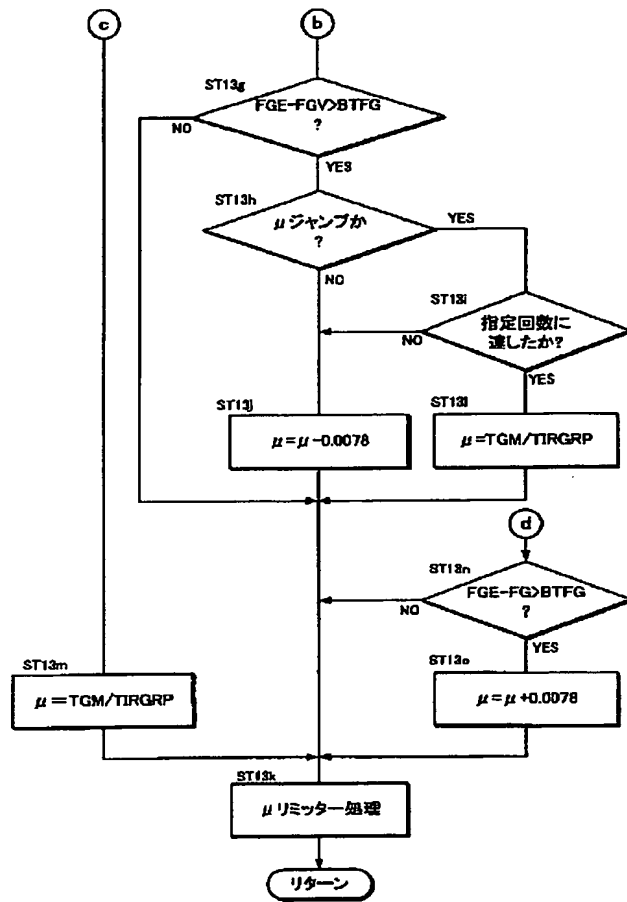
【図17】



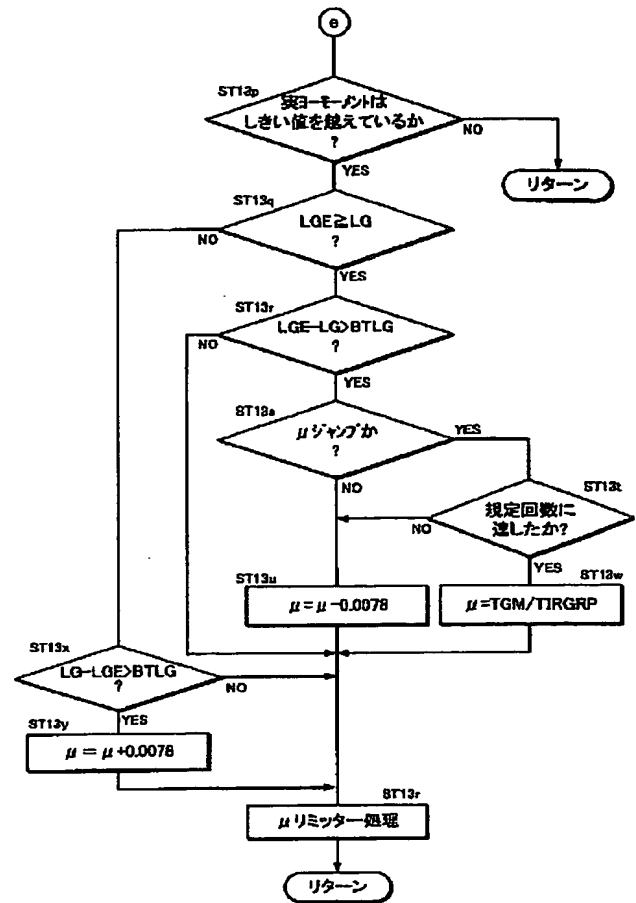


(16)

【図12】

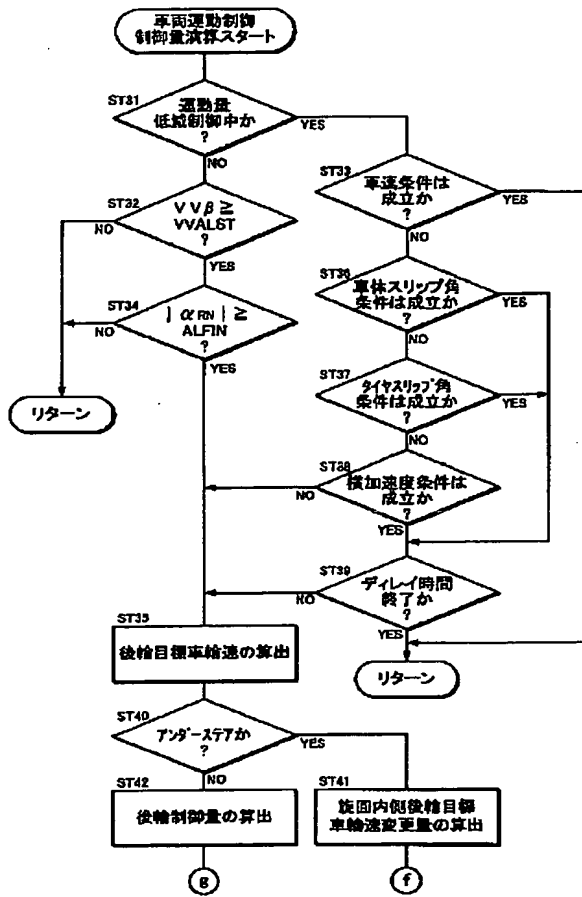


【図13】

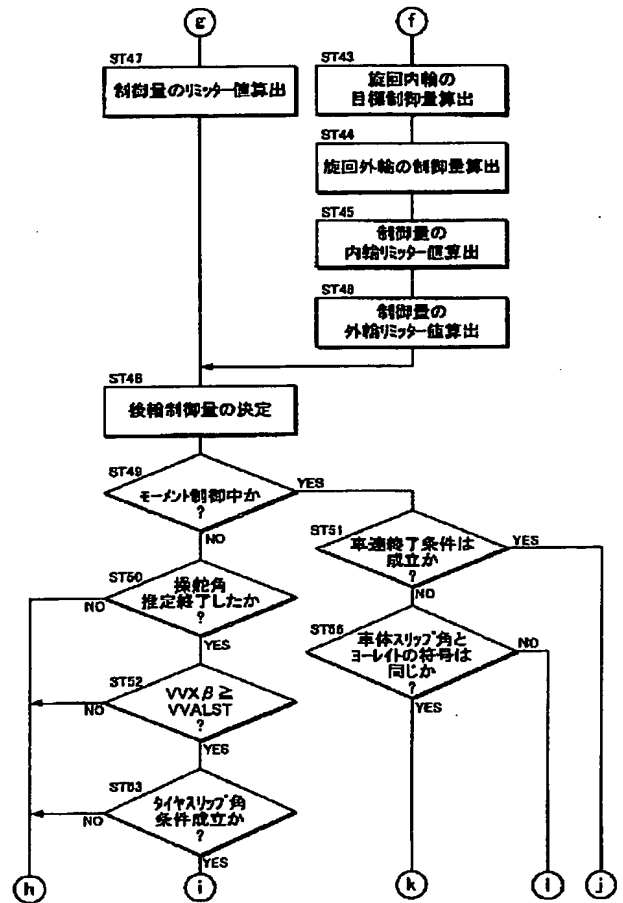


(17)

【図14】

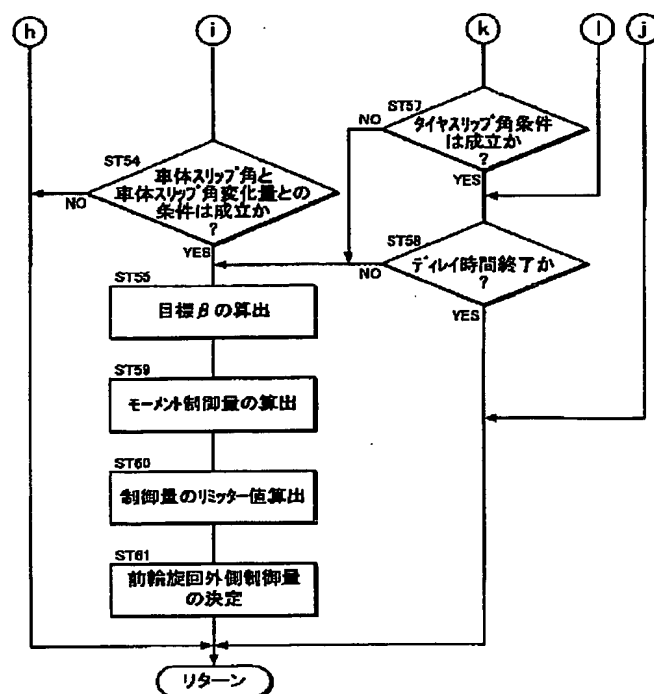


【図15】



(18)

【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 占部 博之  
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
 社本田技術研究所内

Fターム(参考) 3D046 BB23 CC02 EE01 GG02 HH08  
 HH25 HH26 HH36 KK12